土木建筑工程信息技术
Journal of Information Technology in Civil Engineering and Architecture

基于 BIM 的无人机桥梁检测实施方案研究

卢玉韬　韩春华　曾　鹏

（昆明理工大学交通工程学院，昆明　650500）

【摘　要】近年来随着我国经济水平的不断提高，国家加大了对基础设施的投资建设力度。在桥梁工程建设方面，在役桥梁使用年限不断增长，桥梁结构及相应病害问题逐渐凸显，进而对桥梁的检测与维护工作提出了更高的要求。本文在分析了现阶段我国传统桥梁检测方法的诸多不足和局限后，提出了基于 BIM 的无人机桥梁检测实施方案，探讨了 BIM 技术与无人机这一辅助手段在桥梁检测方面的充分结合以及其应用可行性，为未来桥梁检测技术水平的提升提供参考依据。

【关键词】BIM 无人机；桥梁检测
【中图分类号】TU198；TU17　【文献标识码】A　【文章编号】1674－7461（2017）02－0073－05
【DOI】10.16670/j.cnki.cn11－5823/tu.2017.02.12

引言

随着我国基础设施建设的迅速发展，新建桥梁工程建设项目越来越多，许多在役桥梁已经开始进入维修养护阶段，甚至部分桥梁已经进入“老龄化”阶段，因此而带来的经济影响与安全隐患不容忽视。为了维护桥梁的正常运作，确保其安全性，可靠性和稳定性，就必须对桥梁进行健康安全检测工作。桥梁的健康安全检测工作是进行桥梁养护和维修的前期工作，通过对桥梁的技术状况和使用情况进行全面细致的检查，来发现桥梁是否出现了裂缝，螺栓松动以及露筋锈蚀等灾害问题，桥梁的健康安全检测对于桥梁的正常运营至关重要。随着桥梁结构的复杂化，检测工作难度逐渐加大，传统的检测技术手段暴露出越来越多的局限和不足，这就要求更多先进的科学技术以及更为高效快速的检测方案应用到桥梁的安全检测工作当中来。

1　传统桥梁检测手段的不足

根据检测频率的不同，桥梁的检测工作可以分为经常性检查、定期性检查和特殊性检查。传统的常规检测方法主要依靠人工检测，通过检测人员目测或亲自到达桥梁受检部位进行作业，或者借助一些检测设备配合使用进行检测工作。但这样的传统检测方法存在很大的局限性，总结来说，主要有以下几点不足：1）可操作的难度非常大，对于桥梁的高墩结构以及涉水区段等，存在一定的检测盲区无法企及；2）效率低，整体性差；3）危险系数比较高，给检测人员带来一定的风险；4）专业之间的协同性不够好，技术沟通难度大。因此对于以专业经验为基础的经验检测技术已经显然不满足当今检测工作的需要。现阶段传感器技术与动态测试技术被广泛应用于桥梁检测，信号处理与建模技术也发挥了很大作用，桥梁检测技术亟需更多先进的科学技术为其发展注入新鲜的血液。

2　BIM 技术与无人机在桥梁检测中的应用可行性

2.1　BIM 技术及其在桥梁检测中的应用

BIM 即建筑信息模型（Building Information Mod-

【基金项目】　基金项目：云南省应用基础研究计划面上项目“面向全生命周期的公路工程 BIM 建模方法研究”（项目编号：2015FB124）；中铁二院工程集团有限责任公司“山区高等级公路通道方案三维快速智能辅助设计方法研究及系统开发”
【作者简介】　卢玉韬（1994－），男，硕士研究生。主要研究方向为 BIM 技术在公路桥梁工程中的应用。

eling)，是在规划设计、建造施工、运维过程的整个周期内应用3D或者4D信息技术进行设计、施工、算量、管理和运营的技术手段。BIM虽然是一种全新的理念，但随着我国工程建设领域的不断发展。BIM技术已经被越来越多人熟知，越来越多的实际工程项目开始应用BIM技术。BIM技术首先实现了模型的可视化，大大降低了由于二维图纸所带来的诸多不便和沟通误区，真正达到了“所见即所得”的效果，使得无论是设计、施工还是后期运营维护阶段，所有过程都更加的直观。其次，BIM技术除了对3D模型的表达外，还包括4D、5D甚至更多维度的属性信息的描述，对于项目各阶段的决策过程来说，其意义是巨大的。BIM技术的真正精髓在于将数量庞大的数据项目信息进行整合，使其贯穿于工程项目的整个生命周期，提供全信息档案，实现智能化数据采集与管理。

在桥梁的检测方面，利用BIM技术，借助建模软件，首先可以通过构建三维桥梁模型来为检测方案的优化以及数据的采集提供可视化沟通，为后续一定数量传感器的布置提供依据。基于BIM的桥梁检测方案，因其操作对象均是项目信息模型，所以模型的构建是应用BIM技术的第一步工作。通过利用Bentley公司的桥梁建模系列软件，如PowerCivil、Bridge Master、ProStructure等，可以实现这一目的。

相对于通过建模软件构建的三维建筑信息模型，另一种通过照片自动生成的详细三维实景模型

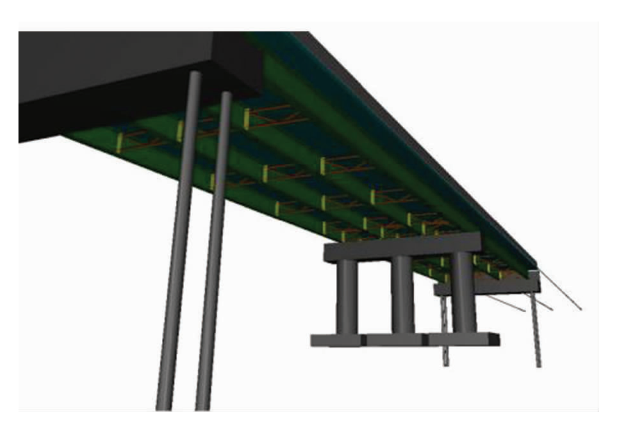


图1　桥梁三维模型

具有速度更快，环境背景更加真实的优点。借助于Bentley公司的ConceptCapture软件，通过自动识别每张照片的相对位置和方向，充分校准所有图像，实现自动三维重建、纹理映射以及高精度的模型，其模型精细程度没有限制，模型的尺寸测量结果与桥梁实体误差在0.5mm以内，充分保证了实际桥梁的真实性。实景模型较之建模软件构建的模型，具有场景更加真实的优点，为后续做出方案的优化提供更加全面的依据。

2.2　无人机在桥梁检测中的应用

无人机的应用已经渗透到社会的各行各业，在桥梁的检测方面，无人机凭借其各方面的诸多优点被桥梁检测行业广泛认可和应用。无人机在对桥梁的各种细部结构，例如桥墩、支座、桥腹等部位，螺栓的脱落情况以及复杂的高墩结构，都具有良好

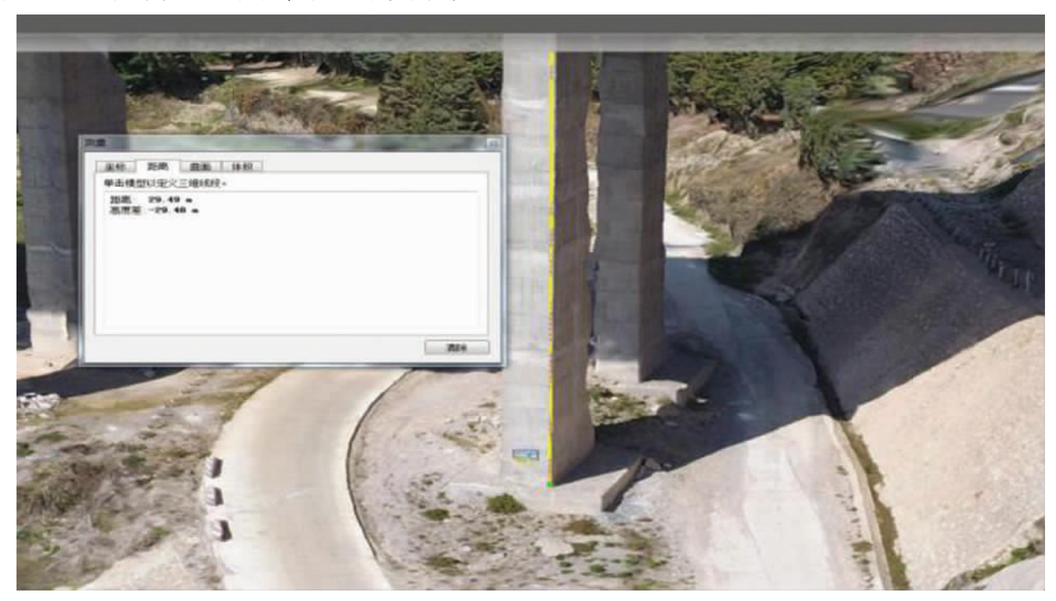


图2　实景模型尺寸测量

的应用效果。无人机的主要优点可以概括如下:1)检测桥梁墩顶、支座等危险部位时,无需吊篮配合检测人员检测,降低了安全系数,很大程度上保证了人员的安全;2)无人机可以无需其它辅助措施的帮助,直接到达需要检测的部位,大大节省了费用;3)对于传统检测方法难以到达的场所,无人机可以轻松到达,保证了检测的细致性和全面性;4)在桥梁经常性检查时,无需封闭道路即可进行检查,保证了交通正常运行;5)无人机检测桥梁具备较高的及时性。



图 3 Phantom4 无人机

3 BIM 技术配合无人机的桥梁检测具体实施方案

3.1 选用无人机的参数

多旋翼飞行器以其结构简单、便于携带、价格低廉等优点被广为使用,本方案所选用无人机为大疆公司 PHANTOM4 系列飞行器,其飞行状态稳点,可灵活垂直起飞降落,可以实现空中悬停的功能,时时控制飞行姿态,同时它的自动巡航壁障功能避免了飞行器炸机的隐患。该飞行器主要参数如下:

表 1 Phantom4 无人机主要参数

项目	技术参数
飞行载重	1 380g
悬停精度	垂直:+/-0.1m(超声波工作范围内);+/-0.5m
	水平:+/-0.3m(视觉传感器工作范围内);+/-0.5m
升降速度	升降速度最大上升速度:6m/s(运动模式)
	最大下降速度:4m/s(运动模式)
飞行高度	500m
轴距	350mm
螺旋桨	9 450s 快拆桨

3.2 无人机的数据采集过程

无人机在进行飞行前,可以为其规划一定的航线安排,保证拍摄的质量和安全。开始飞行时,首先沿桥梁被检测面飞行,进行拍照或录像,其次通过遥控器等控制设备完成桥梁的底面、柱面及桥墩等结构部位的拍摄工作,如果发现险情,可进一步拉近无人机与桥梁的距离进行放大对细节的拍摄。无人机对于裂缝识别的度能达到毫米级,对于露筋锈蚀、支座脱空等病害也具有很强的发现和识别效果。无人机和传感器配合,更好地完成桥梁数据采集。方法是在桥墩和接合处安置无线传感器,收集桥梁在荷载作用下的振动等数据。无人机定期在传感器上方盘旋获取数据,并且航拍桥梁的细节照片,提高桥梁检测维护效率。

通过无人机的数据采集过程,将采集到的图像资料存储到自身的存储器内,遥控器时时监控飞行器的飞行状况,判断是否需要对桥梁的局部进行放大或进一步拍摄,以获取高清图片或影像,为后期软件处理数据提供素材。其实,无人机一方面可以将采集到的数据为后期软件处理做依据,同时图像本身也可以为检测人员使用直接发现病害。

3.3 BIM 技术的后期处理

利用无人机通过对桥梁构件多角度拍摄,将采集到的图像信息进行整合,利用 Bentley 公司的 ContextCapture 系列软件根据图像由软件执行空中三角测量,之后建立 ContextCapture 实景模型,模型的质量取决于分辨率,而精细度完全没有限制,通过软件生成的实景模型可能会因为图像信息的不完整而导致出现模型缺块的情况,借助于 Bentley 公司的另一款软件 Microstation 可以进行模型的修补,Microstation 是一款三维绘图软件,具有精确绘图功能,丰富的材质库保证了模型修补与原模型的无缝结合,修补过程可以根据设计图纸进行。

模型的建立完全可以应用于桥梁的实时监测,在模型建立的基础上,我们可以在主要部位如主跨跨中、敦顶等布置相应的传感器,实现桥梁检测与传感器布置的可视化。桥梁结构可以分为上部结构、下部结构和附属结构,传感器的布置大都是针对桥梁各部位为重点,数据信息包括应力、位移和挠度,以及各种荷载产生的作用,再就是外部环境对桥梁的影响,包括温度湿度等,这些数据都是可以通过合理的传感器布置获取到所需数据,传感器



图 4　桥梁实景模型

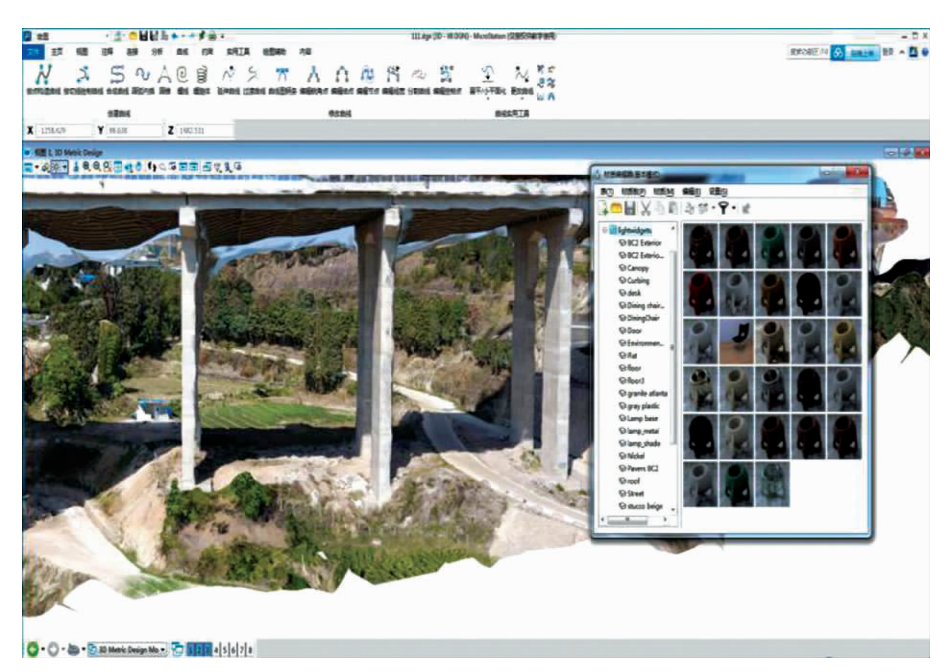


图 5　Microstation 绘图界面

布置时还应具有一定冗余度，保证数据的准确详细。

比如位移传感器，加速度传感器，重力传感器，其功能各不相同，加速度传感器主要用来检测桥梁的振动情况，压力传感器和位移传感器配合使用，主要用来测量桥梁承受压力时的变形情况，反复测量，取平均值。通过 BIM 的建模软件，构建传感器

图 6　传感器模型 1



图 7　模型渲染效果

的三维模型，将其添加到桥梁的实景模型中，后期将传感器测得的数据进行回传，这样的传感器模型就不只是简单的三维模型，而是具有相当丰富数据的信息模型。最后通过渲染动画软件，制作出高质量的模型和视频展示资料，方便各专业人员更加直观的理解模型。

3.4 监测系统的建立

通过上述实景模型的构建过程以及传感器的布置，我们搭建起了一个桥梁检测实施方案的骨架。接下来可以利用国内先进的云平台技术，实现对传感器的接入，将传感器和应变片收集到的数据进行整合，再加上无人机对图像数据的采集，由此而产生的大量数据需要进行系统的管理。依托于计算机技术的高度发展，可以形成一个集数据采集、整理、分析、报告为一体的监测系统，第一时间的数字化和数据实施管理得以实现，方便数据的快速上下载，一般的监测系统主要包括传感器子系统，数据采集传输子系统和数据管理子系统。因此可以建立建立一个与现实空间相同的虚拟平行空间，在技术条件允许的情况下，利用在建设初期安装于桥梁各构件部位的传感器等监测仪器，实时采集桥梁数据并传输到数据分析端，经过一系列的计算分析能实时反映其受力情况、力学性能、结构特性随时间的变化情况，进而真正做到建设项目的全生命周期的跟进。

4 结语

基于 BIM 的无人机桥梁检测实施方案的关键是实景模型的建立，它是整个方案的主体，各个部门和专业的人员都可以通过网络和移动通信端实现信息互通，可视化的模型大大减少了沟通的误区。BIM 技术与无人机在桥梁检测方面具有各自的优势，通过二者的结合，大大提高了桥梁检测工作的效率和水平，未来不断发展的网络技术以及光纤数据传输技术将会继续推动桥梁检测工作的发展，相信基于 BIM 的桥梁检测技术将会是未来桥梁检测技术发展的一个重要趋势。

参考文献

[1] 郝浩. 基于 BIM 的桥梁检测与安全评估系统研究[J]. 自动化与仪器仪表, 2016, 12(7):8-10.
[2] 钱枫. 桥梁工程 BIM技术应用研究[J]. 铁道标准设计, 2015, 12(59): 50-52.
[3] 潘永杰. 基于 BIM 的桥梁建养一体化平台应用研究[J]. 2016, 5(25): 41-47.
[4] 黄友明, 张小玉. 公路桥梁检测技术的探讨[J]. 2013, 4(2): 65-66.

Research on Implementation Scheme of Unmanned Aerial Vehicle Bridge Detection Based on BIM

Lu Yutao[1], Han Chunhua[1], Zeng Peng[1]

(*School of Traffic Engineering*, *Kunming University of Science and Technology*, *Kunming* 650200, *China*)

Abstract: With the recent continuous improvement of China's economic level, the national investment on infrastructure constructionhas been increased significantly. In the bridge construction area, the service life of the bridge is constantly growing, andcorrespondingly, the problems on bridge structure disease are increasingly prominent, which claims for higher request on following facility maintenancework. This paper firstly analyses the deficiencies and limitations of present bridge-detection method, then puts forward a BIM UAVbridge detection implementation scheme, and further discusses the combination of BIM technology and UAV and its application in bridge detection. This paper will provide the reference for the future upgrade of bridge detection technology.

Key Words: BIM; UAV; Bridge Detection

第 9 卷　第 2 期
2017 年 4 月
土木建筑工程信息技术
Journal of Information Technology in Civil Engineering and Architecture
Vol. 9　No. 2
Apr. 2017

水电站大型沉砂池 BIM 技术应用

王　陆　刘增强　王小平

（黄河勘测规划设计有限公司，郑州　450003）

【摘　要】BIM 技术作为一项工程与信息技术相结合的产物，在促进工程全生命周期信息流动、提高工程建设质量、减少工程建设运营过程综合成本中，起到了至关重要的支撑作用。当前 BIM 技术主要应用于建筑工程中，对水利水电工程中的应用较少。未解决水利水电工程中的 BIM 应用问题，本项目在全球最大的沉砂池工程中采用设计－施工周期内 BIM 持续应用的方法，通过周密的 BIM 组织和一系列的 BIM 技术应用，完成了土建异形结构、地形地质 BIM 模型、钢筋 BIM 模型、BIM 数字档案的一系列应用，从而为本项目的顺利实施打下了基础。本文着重介绍整个项目在组织和应用环境搭建、BIM 应用及其效果，为以后的水电站 BIM 应用给出一个可行性方案。

【关键词】水电站 BIM 技术；BIM 组织；地质 BIM 应用；钢筋 BIM 应用；BIM 数字档案
【中图分类号】TU17　【文献标识码】A　【文章编号】1674－7461(2017)02－0078－06
【DOI】10.16670/j.cnki.cn11－5823/tu.2017.02.13

1　工程概况

1.1　项目简介

科卡科多－辛克雷水电站(简称 CCS 水电站)项目位于南美洲西北部厄瓜多尔共和国。该项目总投资 23 亿美元，由中国进出口银行提供 85% 的买方信贷，中国电建集团施工总承包。科卡科多－辛克雷水电站总装机容量 150 万 kW，是厄瓜多尔目前最大的水电站，年发电量 88 亿 kW·h，建成后将满足厄瓜多尔全国 37% 人口的电力需求，同时将厄瓜多尔全国发电量翻番。该项目是厄瓜多尔历史上外资投入金额最大、规模最大的水电站项目，电站建设将极大地满足本国电力需求，同时也是目前中国对外投资承建的最大水电站工程项目。

整个水电站由由首部枢纽、引水隧洞、调蓄水库及地下厂房四部分组成，如图 1(a)所示。其中地下厂房采用 8 台冲击式发电机组，设计水头 612m，是世界同类水头冲击式机组总装机最大的电站。作为本次 BIM 设计的典型代表，首部枢纽最重要的建筑物——沉砂池，采用了 Sedicon 专利冲沙系统，最大处理流量 222m^3/s，0.25mm 以上泥沙沉降率 100%。沉砂池总长度 153m，宽 119m，高 19m，整体为钢筋混凝土结构。整个首部枢纽含沉砂池模型如图 1(b)所示。

1.2　工程特点和难点

水电站一般均采用天然水源进行发电，很多情况下，泥沙含量较大，如携砂水流直接用来发电，一场大水下去，就会叶轮损毁，甚至冲毁厂房，整个工程毁于一旦。因此，有必要在电站引水口上游设置“过滤器”以满足电站正常运行，这个“过滤器”就是沉砂池。本工程沉砂池设施在科卡河(RIO COCA)上游，水流的日均泥沙含量 1.62kg/3，与我国长江的含沙量接近。而本工程的最大引水流量 222m^3/s 则与我国南水北调中线引水流量接近。且本工程位于河滩地，空间有限，两侧均为高山，如何保障在如此狭小的空间内布置同时满足泄洪、引水、排沙的枢纽，成为了一大难题。

为满足合同规定的沉沙要求，而又不能设置过长过大的沉沙结构，就必须通过一系列复杂的空间流线设计，将水流速度平顺的缓和下来，以保证沉

【作者简介】王　陆(1981－)，男，高级工程师，主要研究方向：BIM 技术标准、企业 BIM 应用构架、BIM 应用二次开发；
刘增强(1979－)，男，高级工程师，主要研究方向：BIM 技术实施、BIM 组织、BIM 钢筋应用；
王小平(1981－)，男，高级工程师，主要研究方向：BIM 数据分析、BIM 数字档案、BIM 异形结构建模。